

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 2月27日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-050677  
Application Number:

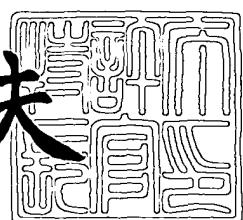
[ST.10/C] : [JP2003-050677]

出願人 東芝セラミックス株式会社  
Applicant(s):

2003年 8月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3063145

【書類名】 特許願  
【整理番号】 TSA3006P  
【提出日】 平成15年 2月27日  
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿  
【国際特許分類】 B01J 35/02  
B01J 21/06

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミックス株式会社 開発研究所内

【氏名】 周 忠華

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミックス株式会社 開発研究所内

【氏名】 德岳 文夫

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミックス株式会社 開発研究所内

【氏名】 近藤 浩之

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミックス株式会社 開発研究所内

【氏名】 山口 博

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県秦野市曾屋30番地 東芝セラミックス株式会社 開発研究所内

【氏名】 石井 辰也

## 【特許出願人】

【識別番号】 000221122

【氏名又は名称】 東芝セラミックス株式会社

**【代理人】**

【識別番号】 100101878

**【弁理士】**

【氏名又は名称】 木下 茂

**【先の出願に基づく優先権主張】**

【出願番号】 特願2002-271576

【出願日】 平成14年 9月18日

**【手数料の表示】**

【予納台帳番号】 063692

【納付金額】 21,000円

**【提出物件の目録】**

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9204946

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可視光活性型光触媒

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 二酸化チタンに、 C、 H、 N、 S から選ばれた少なくとも 2 種類がドープされていることを特徴とする可視光活性型光触媒。

【請求項 2】 二酸化チタンに、 C、 H、 S から選ばれた少なくとも 1 種類およびNがドープされていることを特徴とする可視光活性型光触媒。

【請求項 3】 二酸化チタンに、 C、 H およびNがドープされていることを特徴とする可視光活性型光触媒。

【請求項 4】 前記ドープされたNの濃度は、 700 w t p p m以上 10, 000 w t p p m以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 5】 前記ドープされたNは、 Ti-N-O または Ti-N-Ti の結合状態で、二酸化チタンのTiと結合していることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 6】 前記結合状態のうち、 Ti-N-Ti の結合状態の方が多いことを特徴とする請求項 5 記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 7】 前記ドープされたNは、 昇温過程でN<sub>2</sub>として脱離され、 该N<sub>2</sub>脱離ピーク温度が700℃以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 8】 前記ドープされたHは、 昇温過程でH<sub>2</sub>として脱離され、 该H<sub>2</sub>脱離ピーク温度が700℃以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 9】 前記ドープされたCは、 昇温過程でCO<sub>2</sub>として脱離され、 该CO<sub>2</sub>脱離ピーク温度が700℃以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

【請求項 10】 昇温過程で質量数mとイオンの電荷数eの比m/eが6.8である成分が脱離され、 该成分の脱離ピーク温度が700℃以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 9 までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

**【請求項11】** 長径10nm以上60nm以下の長球状の粒子からなることと特徴とする請求項1から請求項10までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

**【請求項12】** 前記光触媒の粒子0.2gを10cm四方に均一層とした試料を容積1lのガスバッゲ内に入れ、当イソプロパノールガス濃度を1500ppm±150ppmとし、前記試料に、紫外線が遮光された蛍光灯光を、波長420nmにおける強度0.5mW/cm<sup>2</sup>で1時間照射後、生成したアセトンガス濃度が500ppm以上となるものであることを特徴とする請求項1から請求項11までのいずれかに記載の可視光活性型光触媒。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

###### 【発明の属する技術分野】

本発明は、可視光活性型光触媒に関し、より詳細には、可視光の照射に対して活性を示し、このような光触媒活性を利用して、分解、除去、消臭、抗菌、防汚、防曇等の作用を奏することにより、塗料、繊維製品、シックハウス解消剤、工業排水・排ガス等の無害化処理剤等に好適に用いることができる可視光活性型光触媒に関する。

##### 【0002】

###### 【従来の技術】

二酸化チタン等の半導体粒子に、そのバンドギャップ以上のエネルギーを有する光を照射すると、光励起により生成した電子および正孔が、該半導体粒子表面に移動し、周囲に存在するイオン種や分子種に作用して、光触媒反応と呼ばれる様々な反応を引き起こす。

特に、二酸化チタン微粒子は、その表面に生じた正孔が、強力な酸化力を有していることから、塗料、繊維製品、シックハウスの解消、工業排水・排ガスの無害化処理剤等への応用が種々提案されており、一部は既に実用化されている。

##### 【0003】

従来、光触媒技術分野において使用されている二酸化チタン微粒子は、アナターゼ型またはルチル型の結晶質である。

アナターゼ型またはルチル型の二酸化チタンのバンドギャップは、それぞれ3.2 eV（波長387.5 nmに相当）または3.0 eV（波長413.3 nmに相当）であるため、励起光としては、それぞれ波長387.5 nm以下または波長413.3 nm以下の短波長光、すなわち、紫外線以外の光は利用されていなかった。

#### 【0004】

このため、前記結晶質の二酸化チタンは、光の中に紫外線がほとんど存在しない屋内等で使用される内装塗料、繊維製品、シックハウス解消剤等の用途においては、機能を果たすことは困難であり、実際上、用途範囲は制限されていた。

これに対して、最近では、太陽光および人工光を効率よく利用する目的で、可視光の照射により触媒活性を示す二酸化チタンの開発が種々検討されるようになってきた。

#### 【0005】

例えば、特許文献1には、高減圧下で、水素プラズマ処理、希ガス類元素プラズマ処理を行ったり、希ガス類元素のイオン注入、または、真空下での高温加熱等の方法を用いて、アナターゼ型の二酸化チタンの結晶格子構造を酸素欠乏型とし、これにより、可視領域の光照射での触媒活性を発現させた可視光活性型光触媒およびその製法が開示されている。

#### 【0006】

また、二酸化チタンに窒素ドープすることによる可視光応答型の二酸化チタン光触媒もある（非特許文献1参照）。例えば、特許文献2には、結晶内に窒素が存在する特定の二酸化チタン結晶が可視光の照射に対して触媒活性を示すことが開示されている。

窒素ドープされた二酸化チタンは、ドープされた窒素が、格子間の隙間にに入った状態、または、格子酸素のサイトに窒素が置換された形で入っている状態の構造となっている。

このような窒素ドープされた二酸化チタンは、塩化チタン溶液をアンモニア水中で加水分解することにより、または、二酸化チタンをアンモニアガス中で加熱することにより合成することができる。

**【0007】**

上記した酸素欠乏型または窒素ドープされた二酸化チタンにおいては、酸素欠乏欠陥またはTi-Nの結合により、二酸化チタン光触媒に可視光活性がもたらされると考えられる。

**【0008】****【特許文献1】**

特許第3252136号公報

**【特許文献2】**

特開2001-190953号公報

**【非特許文献1】**

“Nikkei Mechanical 2001.10”, n.o. 565, p. 36-45

**【0009】****【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上記した酸素欠乏型または窒素ドープされた二酸化チタンは、可視光による光触媒活性が必ずしも十分に高いとは言えず、また、光触媒活性の安定性に劣る等の課題を有していた。

**【0010】**

例えば、窒素ドープされた二酸化チタンのTi-N結合に基づくXPS（X線光電子分光法）分析によるピークは、空气中での熱処理により消失するという報告もあることから、上記のような技術的課題が生じる原因としては、空気と接触している粒子表面においては、酸素欠乏欠陥またはTi-N結合が不安定であることによるものと推測される。

**【0011】**

本発明は、上記技術的課題を解決するためになされたものであり、可視光照射に対して高い光触媒活性を示すとともに、その光触媒活性が、安定性、持続性に優れている可視光活性型光触媒を提供することを目的とするものである。

**【0012】****【課題を解決するための手段】**

本発明に係る可視光活性型光触媒は、二酸化チタンに、C、H、N、Sから選

ばれた少なくとも2種類がドープされていることを特徴とする。

このように構成された可視光活性型光触媒は、従来の酸素欠乏型または窒素ドープされた二酸化チタンによる可視光活性型光触媒に比べて、より優れた光触媒活性を示し、しかも、その光触媒活性は、安定性、持続性に優れたものである。

#### 【0013】

また、本発明に係る可視光活性型光触媒の他の態様としては、二酸化チタンに、C、H、Sから選ばれた少なくとも1種類およびNがドープされていることを特徴とする。

このように、Nを必須のドーパントとして、それ以外に、C、H、Sから選ばれた少なくとも1種類をドープすることにより、より優れた可視光活性を示すことができる。

上記可視光活性型触媒の中でも、特に、二酸化チタンに、C、HおよびNがドープされているものが好適である。

#### 【0014】

本発明に係る可視光活性型光触媒においては、ドープされたNの濃度は、700 w t p p m以上10, 000 w t p p m以下であることが好ましい。

より多くのNがドープされ、二酸化チタンと強固に結合していることにより、優れた可視光活性を示すことができる。

#### 【0015】

また、前記ドープされたNは、Ti-N-OまたはTi-N-Tiの結合状態で、二酸化チタンのTiと結合していることが好ましく、これらの結合状態のうち、Ti-N-Tiの結合状態の方が多いことがより好ましい。

ここで、Ti-N-Oは、NがTiO<sub>2</sub>結晶の格子間に入っている状態であり、また、Ti-N-Tiは、TiO<sub>2</sub>結晶中の酸素が窒素に置換され、NがTiO<sub>2</sub>結晶中の酸素の位置に入っている状態であることを意味する。

このような結合状態を有していることにより、二酸化チタンのTiとドープされたNの結合がより強力であり、安定した触媒作用を発揮することができる。

#### 【0016】

さらに、前記ドープされたNは、昇温過程でN<sub>2</sub>として脱離され、該N<sub>2</sub>脱離ピ

ーク温度が700℃以上であることが好ましい。

このような高温域における脱離ピークの存在は、ドープされたNが、二酸化チタンと強固な結合状態を有していることを意味するものであり、優れた可視光活性を示す一因となっていると考えられる。

#### 【0017】

同様の理由から、前記ドープされたHは、昇温過程でH<sub>2</sub>として脱離され、該H<sub>2</sub>脱離ピーク温度が700℃以上であることが好ましい。

また、前記ドープされたCは、昇温過程でCO<sub>2</sub>として脱離され、該CO<sub>2</sub>脱離ピーク温度が700℃以上であることが好ましい。

さらに、昇温過程で質量数mとイオンの電荷数eの比m/eが68である成分が脱離され、該成分の脱離ピーク温度が700℃以上であることが好ましい。

#### 【0018】

また、前記可視光活性型光触媒は、長径10nm以上60nm以下の長球状の粒子からなるものが好ましい。

本発明においては、上記のような優れた可視光活性を示す光触媒は、一次粒子が上記のような形状として好適に得ることができる。

#### 【0019】

前記可視光活性型光触媒は、該光触媒の粒子0.2gを10cm四方に均一層とした試料を容積1lのガスバッジ内に入れ、当初イソプロパノールガス濃度を1500ppm±150ppmとし、前記試料に、紫外線が遮光された蛍光灯光を、波長420nmにおける強度0.5mW/cm<sup>2</sup>で1時間照射後、生成したアセトンガス濃度が500ppm以上となるものであることが好ましい。

上記のようなイソプロパノール（IPA）酸化反応による光触媒活性評価法によって、本発明に係る可視光活性型光触媒が、可視光照射に対して優れた光触媒活性を示すものであることの明確化を図ることができる。

したがって、本発明に係る可視光活性型光触媒は、上記のようなIPA酸化活性を示すことにより、可視光照射下において、シックハウスの原因と言われているホルムアルデヒド等のアルデヒド類ガス、車の排ガスNO<sub>x</sub>等の環境汚染物質、ダイオキシン等の環境ホルモン等の人体を害する物質を分解・除去する等の優

れた機能を発揮することができる。

### 【0020】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明をより詳細に説明する。

本発明に係る可視光活性型光触媒は、二酸化チタンに、C、H、N、Sから選ばれた少なくとも2種類がドープされているものである。

このような2種類以上の元素がドープされた二酸化チタンは、従来の酸素欠乏型または窒素ドープされた二酸化チタンとは異なる構成を有しており、このような従来の可視光活性型光触媒に比べて、より優れた光触媒活性を示すものである。しかも、その光触媒活性の安定性、持続性に優れており、空気と接触した場合であっても容易に失活することはない。

なお、紫外線照射に対する光触媒活性も、従来の二酸化チタン光触媒と同程度以上の性能を示す。

### 【0021】

また、前記可視光活性型光触媒においては、Nを必須のドーパントとして、それ以外に、C、H、Sから選ばれた少なくとも1種類をドープすることにより、より優れた可視光活性を示すことができる。

特に、C、HおよびNがドープされたものが好ましい。

### 【0022】

前記可視光活性型光触媒における二酸化チタン成分の含有量は、80wt%以上であることが好ましく、より好ましくは、95wt%以上である。

二酸化チタン成分の含有量が80wt%未満である場合は、十分な光触媒活性が得られない。

したがって、20wt%未満の範囲であれば、二酸化チタンの可視光照射による光触媒活性を損なわない限り、他の無機化合物等を混合した複合粒子を用いることができる。

二酸化チタンに混合される無機化合物としては、例えば、シリカ、アルミナ、ジルコニア、マグネシア、酸化亜鉛等を挙げることができる。

### 【0023】

前記二酸化チタンには、ルチル型（正方晶系）、アナターゼ型（正方晶系）、ブルッカイト型（斜方晶系）の3種の変態があり、いずれもチタン原子に酸素原子が6配位した、ゆがんだ八面体の稜が共有された構造を有している。本発明においては、このうち、光触媒活性を発現させる観点から、ルチル型またはアナターゼ型のものを用いることが好ましく、特に、アナターゼ型が好ましい。

#### 【0024】

本発明においては、この二酸化チタンを主成分とする粒子に、C、H、N、Sから選ばれた少なくとも2種類の元素をドープすることにより、可視光活性型光触媒を得る。前記ドーパントのうち、Nは必須ドーパントとすることが、より好ましい。

ドーパント濃度は、Nについては、50wtppm以上27, 000wtppm以下であることが好ましく、より好ましくは、700wtppm以上10, 000wtppm以下である。特に、1, 500wtppm以上5, 000wtppm以下であることが好ましい。

前記Nの濃度が50wtppm未満である場合は、可視光照射に対する十分な光触媒活性が得られず、特に、初期活性の立ち上がりが遅く、しかも、立ち上がり勾配が小さく、可視光の強度や用途等によっては、その目的を十分に達成することが困難な場合がある。

また、N以外の各ドーパント濃度は、C、Sは50～1500wtppm程度、Hは1～50wtppm程度であることが好ましい。

#### 【0025】

上記各ドーパントのドーピング方法は、特に限定されるものではなく、通常、この種のドープにおいて用いられる、熱拡散法、レーザドーピング法、プラズマドーピング法、イオン注入法等の方法を採用して差し支えない。

具体的には、イオン注入装置を用いて、窒素アニオンや炭素アニオン源等からの加速イオンを二酸化チタンターゲットに打ち込む方法により行うことができる。

また、窒素および炭素ドープの場合には、シアン（HCN）、シアン酸もしくはイソシアン酸（HOCON）、低級アミン（RNH<sub>2</sub>、R<sub>2</sub>NH、R<sub>3</sub>N）、アゾ

、ジアゾ化合物等を含有する溶液、または、これらとアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) とを含有する溶液中で、塩化チタン ( $\text{TiCl}_4$ ) 等の溶液状ハロゲン化チタンを加水分解する方法を用いることもできる。あるいはまた、シアン、シアン酸またはイソシアン酸、低級アミン等またはこれらとアンモニアとを含有する窒素またはアルゴン等の不活性ガス気流中で、または、各種炭化水素とアンモニアとの混合ガス気流中で、二酸化チタンを熱処理（アニール）する方法等によっても行うことができる。

### 【0026】

なお、前記ドーパントは、それぞれ別の化合物の分解によってドープしてもよい。このとき、各ドーパントのドーピングは、同時でも、逐次でもよく、また、ドープ時期についても、その態様に応じて、粒子形成時または形成後のいずれであってもよい。

### 【0027】

前記二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) は、化学量論的には、1個のチタン原子に結合している酸素原子数は2個である。

本発明においては、このような化学量論的な化学組成からなる二酸化チタンに、前記ドーパントをドープすることにより、1個のチタン原子に結合している酸素原子数が、化学量論的な数である2個よりもずれた、すなわち、非化学量論的な数を有するような構造とすることが好ましい。

二酸化チタンがこのような構造をとることにより、可視光照射に対する高い光触媒活性を発揮することができるものと考えられる。

具体的には、1個のチタン原子に対して結合している酸素原子数は、1. 90以上2. 00以下となることが好ましい。

### 【0028】

したがって、Nがドープされた場合、このNは、 $\text{TiO}_2$ 結晶の格子間に入っている状態、すなわち、 $\text{Ti}-\text{N}-\text{O}$ の結合状態で、二酸化チタンのTiと結合していることが好ましい。あるいはまた、 $\text{TiO}_2$ 結晶中の酸素が窒素に置換され、前記ドープされたNは、 $\text{TiO}_2$ 結晶中の酸素の位置に入っている状態、すなわち、 $\text{Ti}-\text{N}-\text{Ti}$ の結合状態で、二酸化チタンのTiと結合していること

が好ましい。

これらの結合状態のうち、Ti-N-Tiの方が多いことがより好ましい。

### 【0029】

図1および図2に、可視光活性型光触媒粒子においてドープされたNの結合状態の解析結果を示す。これらは、Arイオンを用いたスパッタエッチング後の粒子についてXPS分析を行ったものであり、図1は本発明品、図2は従来品（Nドープ型）について示したものである。

### 【0030】

なお、XPS分析の測定条件は、以下のとおりである。

装置 : Kratos社 AXIS-Ultra

励起X線源 : モノクロAl-K $\alpha$ 線 (1486.6 eV)

光電子検出角度 : 90° (試料表面から)

検出深さ : < 10 nm

帯電中和銃 : 使用 (低速電子を照射)

### 【0031】

図1および図2において、1番右側のピークは、Ti-N-Tiの結合状態にあるNの濃度を表している。また、中央部分のピークは、Ti-N-Oの結合状態にあるNの濃度を表している。

なお、1番左側のピークは、NH<sub>x</sub>の形で光触媒粒子の表面に吸着されているNの濃度を表しており、Tiとの強固な結合を有しているものではない。

図1と図2との比較から明らかなように、本発明品については、二酸化チタンのOがNに置き換わったTi-N-Tiの結合状態が多く検出され、また、Ti-Oの隙間に入り込んだ状態であるTi-N-Oの結合状態も従来品よりも多く検出されている。

本発明に係る可視光活性型光触媒は、このような結合状態を有していることから、二酸化チタンのTiとドープされたNの結合は強力であり、安定した触媒作用を発揮することができると言える。

### 【0032】

また、図3～図6に、本発明に係る可視光活性型光触媒の昇温脱離法（TPD

; Temperature Programmed Desorption) による各種脱離ガスのスペクトルを示す。脱離ガスは、それぞれ、図3がN<sub>2</sub>、図4がH<sub>2</sub>、図5がCO<sub>2</sub>、図6がm/e = 68である成分について示したものである。

### 【0033】

なお、TPDの測定条件は、以下のとおりである。

装置	昇温脱離ガス分析装置 (TPD, Model : Thermo Plus TPD type V)
試料形態	粉末試料を Ptセル (直径6mm、高さ2.5mm) に充填
測定温度範囲	: 40 ~ 900°C
昇温速度	: 10°C/min.
測定モードTIC (スキャン)	: m/e = 1 ~ 100
測定開始真空度	: $\leq 2.0 \times 10^{-6}$ Pa

### 【0034】

図3～図6に示したとおり、N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、m/e = 68である成分はいずれも、700°C以上において脱離ピークが認められる。

このように、700°C以上の高温域に観測される脱離ピークは、光触媒粒子の構造の一部を形成しているN、H、Cが放出されたことによるものと推測される。

すなわち、本発明に係る可視光活性型光触媒においては、ドープされたN、H、Cは、二酸化チタンと、より強固な結合状態を有している。

なお、700°C未満の低温域においても、ピークは観測されるが、これらは、光触媒粒子の表面に吸着されたNH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O等に起因するガスが放出されたものであり、実質的な粒子構造に寄与するN、H、Cによるものではない。

### 【0035】

また、図6は、上記のようにm/e = 68である成分についてのスペクトルを示したものであるが、具体的な物質名は未だ不明である。

しかしながら、図6からも明らかなように、この物質については、脱離ピーク

温度が、従来品（Nドープ型）においては約370℃であるのに対して、本発明品においては700℃以上である。

したがって、本発明品においては、この $m/e = 68$ である成分が二酸化チタンと強固に結合しており、このことが、優れた可視光活性を示す要因となっていると考えられる。

#### 【0036】

前記可視光活性型光触媒粒子の粒径は、十分な光触媒活性および溶媒への分散性等の観点から、1μm以下であることが好ましく、特に、一次粒子が、長径10nm以上100nm以下の長球状であることが好ましい。前記粒子の長径は30～40nm程度であることがより好ましい。

このような粒径範囲にある二酸化チタン光触媒粒子は、微粒子であるため、塗料用途等にも、好適に用いることができる。

また、前記一次粒子は、短径と長径の比が1：2～4程度であることが好ましい。

#### 【0037】

本発明に係る可視光活性型光触媒は、可視光の照射下において、ホルムアルデヒド、イソプロパノール（IPA）等の酸化活性を示すものである。

特に、該光触媒の粒子0.2gを10cm四方に均一層とした試料を容積1lのガスバッグ内に入れ、当初イソプロパノールガス濃度を1500ppm±150ppmとし、前記試料に、紫外線が遮光された蛍光灯光を、波長420nmにおける強度0.5mW/cm<sup>2</sup>で1時間照射後、生成したアセトンガス濃度が500ppm以上となるものであることが好ましい。

IPAは酸化されると、アセトンを生成する。さらに、酸化反応が進行すると、最終的には、二酸化炭素と水を生成する。このようなIPAの酸化反応は、光触媒活性を評価するための標準的な方法の一つとして用いられている。

#### 【0038】

一般に、二酸化チタン等の光触媒活性の評価方法としては、光触媒製品技術協議会の光触媒性能評価試験法IIb（ガスバッグB法）が用いられるが、このガスバッグB法は、紫外線照射による光触媒活性を評価するものである。

これに対して、本発明においては、可視光照射に対する光触媒活性を評価するために、上記のような独自の評価試験法を採用する。これにより、本発明に係る可視光活性型光触媒が、可視光照射に対して優れた光触媒活性を示すものであることの明確化を図ることができる。

### 【0039】

以下、本発明に係る可視光活性型光触媒の上記光触媒活性の評価試験法の具体例を説明する。

まず、光触媒粒子0.2gを水に分散させて、これを10cm×10cmの石英ガラス板に塗布し、50℃で一晩乾燥させ、これを試験試料とする。

次に、この試験試料を、容積1lのテドラーーバッグに入れた後、イソプロパノール（IPA）蒸気を含んだ空気を該テドラーーバッグ内に1時間循環させ、光触媒粒子のガス吸着を飽和させる。

このテドラーーバッグ内のIPAガス濃度およびアセトンガス濃度をガスクロマトグラフィにより測定し、IPAガス濃度が1500ppm±150ppm、アセトンガス濃度が0ppmとなるように試験ガスを調製し、この状態を可視光照射前（当初）の状態とする。

そして、前記テドラーーバッグを、波長410nm以下の紫外線をカットするフィルムを装着させた蛍光灯を用いて、波長420nmにおける光強度0.5mW/cm<sup>2</sup>の光を1時間照射後、IPAガス濃度およびIPAの酸化により生成したアセトンガス濃度を測定する。

本発明に係る可視光活性型光触媒は、このときのアセトンガス濃度が500ppm以上となるものであることが好ましく、これにより、優れた可視光活性を示す光触媒であることを明示することができる。

### 【0040】

上記のような可視光の照射下におけるIPAの酸化反応の促進作用、すなわち、IPA酸化活性を示すことは、シックハウスの原因と言われているホルムアルデヒド等のアルデヒド類ガス、車の排ガスNO<sub>x</sub>等の環境汚染物質、ダイオキシン等の環境ホルモン等の人体を害する物質を分解・除去する能力を持つことを意味し、可視光活性型光触媒としての優れた機能が発揮されると言える。

### 【0041】

#### 【実施例】

以下、本発明を実施例に基づきさらに具体的に説明するが、本発明は下記の実施例により制限されるものではない。

#### 【実施例】

窒素3000wtppmおよび炭素150wtppmをドープしたアナターゼ型二酸化チタン微粒子（短径約10nm、長径約30nmの長球状の一次粒子）を合成し、光触媒を作製した。

この光触媒について、可視光に対する光触媒活性を評価した。

### 【0042】

この可視光活性評価試験は、下記の方法により行った。

まず、上記により合成した光触媒粒子0.2gを水に分散させて、これを10cm×10cmの石英ガラス板に塗布し、50℃で一晩乾燥させ、これを試験試料とした。

次に、この試験試料を、容積1lのテドラーーバッグに入れた後、イソプロパノール（IPA）蒸気を含んだ空気をテドラーーバッグ内に1時間循環させ、光触媒粒子のガス吸着を飽和させて、試験ガスを調製した。

この試験ガスのIPAおよびアセトンのガス濃度をガスクロマトグラフィ（Shimadzu GC-8A、カラム：島津パックドカラムSBS-100）により測定したところ、IPAは1600ppm、アセトンは未検出（ND）であった。この状態を可視光照射前（当初）の状態とした。

そして、前記テドラーーバッグを、波長410nm以下の紫外線を遮光するフィルム（富士写真フィルム株式会社製 UV Guard UGP20WL10）を装着させた蛍光灯（Toshiba FLR20S, W/M）を用いて、波長420nmにおける光強度0.5mW/cm<sup>2</sup>の光を1時間照射後、IPAガス濃度およびIPAの酸化により生成したアセトンガス濃度を測定した。

この結果を表1に示す。

### 【0043】

#### 【比較例1】

市販の酸素欠乏型二酸化チタン微粒子（A社製）について、上記実施例と同様にして、可視光に対する光触媒活性を評価した。

この結果を表1に示す。

#### 【0044】

##### [比較例2]

従来のNドープ型二酸化チタン微粒子（B社製）について、上記実施例と同様にして、可視光に対する光触媒活性を評価した。

この結果を表1に示す。

#### 【0045】

##### 【表1】

照射時間		当初	1hr
実施例	IPA (ppm)	1600	1180
	アセトン (ppm)	ND	800
比較例 1	IPA (ppm)	1600	1380
	アセトン (ppm)	ND	250
比較例 2	IPA (ppm)	1600	1250
	アセトン (ppm)	ND	430

#### 【0046】

表1に示した評価結果から、窒素および炭素の2種類をドープした二酸化チタン光触媒粒子（実施例）は、可視光の照射によって、IPAの酸化反応により生成したアセトンガスが検出され、可視光に対する光触媒活性を示すことが認められた。

また、この本発明に係る光触媒は、可視光照射1時間後に検出された生成アセトンガスの量から、酸素欠乏欠陥型の市販品（比較例1）の3倍以上、また、Nドープ型の従来品（比較例2）の約2倍もの優れた光触媒活性を示すことが認められた。

なお、光を照射しない暗条件においては、変化は観察されなかった。

#### 【0047】

### 【発明の効果】

以上のとおり、本発明に係る可視光活性型光触媒は、従来の可視光活性型光触媒に比べて、可視光照射に対して高い光触媒活性を示すとともに、その光触媒活性は、安定性、持続性に優れたものである。

このため、本発明に係る可視光活性型光触媒は、その光触媒活性を利用して、分解、除去、消臭、抗菌、防汚、防曇等の作用を奏すことにより、塗料、繊維製品、シックハウス解消剤、工業排水・排ガス等の無害化処理剤等の様々な用途に好適に用いることができる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明に係る可視光活性型光触媒粒子について、ドープされたNの結合状態についてのXPS分析結果を示したものである。

#### 【図 2】

従来品の可視光活性型光触媒粒子について、ドープされたNの結合状態についてのXPS分析結果を示したものである。

#### 【図 3】

本発明に係る可視光活性型光触媒の昇温脱離法（TPD）によるN<sub>2</sub>のスペクトルを示したものである。

#### 【図 4】

本発明に係る可視光活性型光触媒の昇温脱離法（TPD）によるH<sub>2</sub>のスペクトルを示したものである。

#### 【図 5】

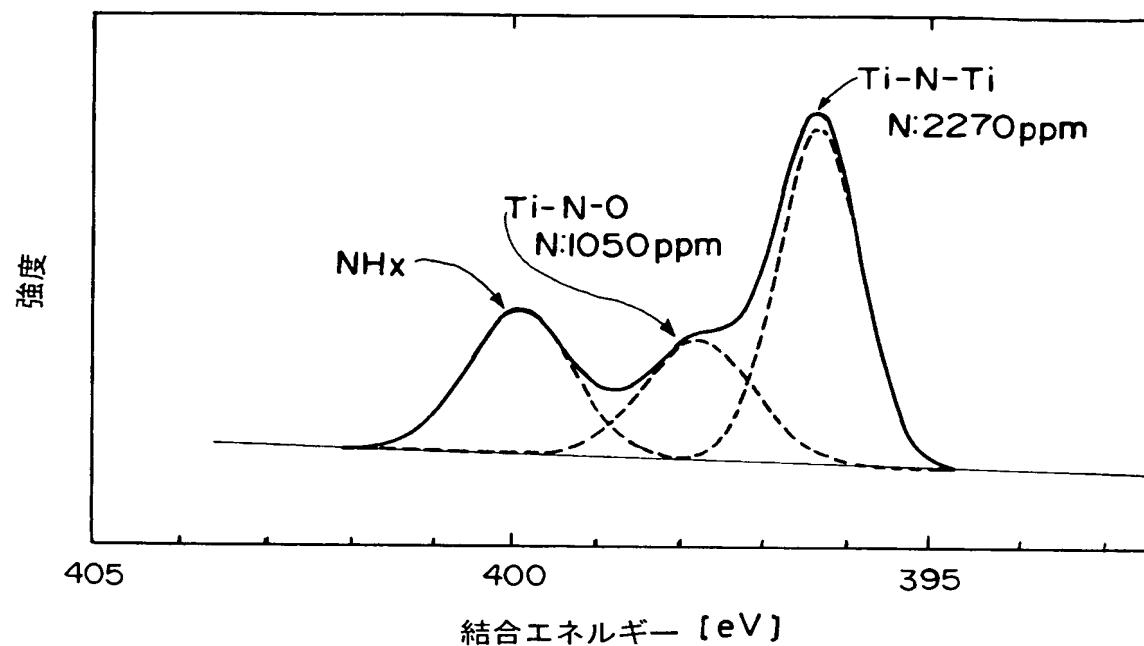
本発明に係る可視光活性型光触媒の昇温脱離法（TPD）によるCO<sub>2</sub>のスペクトルを示したものである。

#### 【図 6】

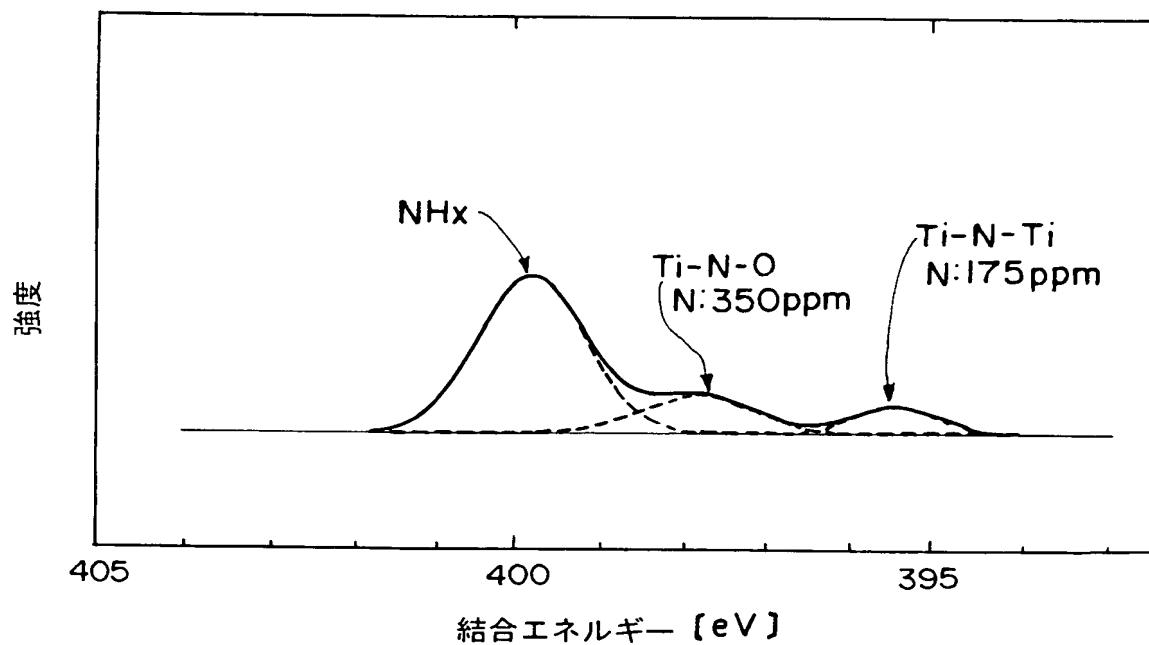
本発明に係る可視光活性型光触媒の昇温脱離法（TPD）による質量数mとイオンの電荷数eの比m/e = 6.8である成分のスペクトルを示したものである。

【書類名】 図面

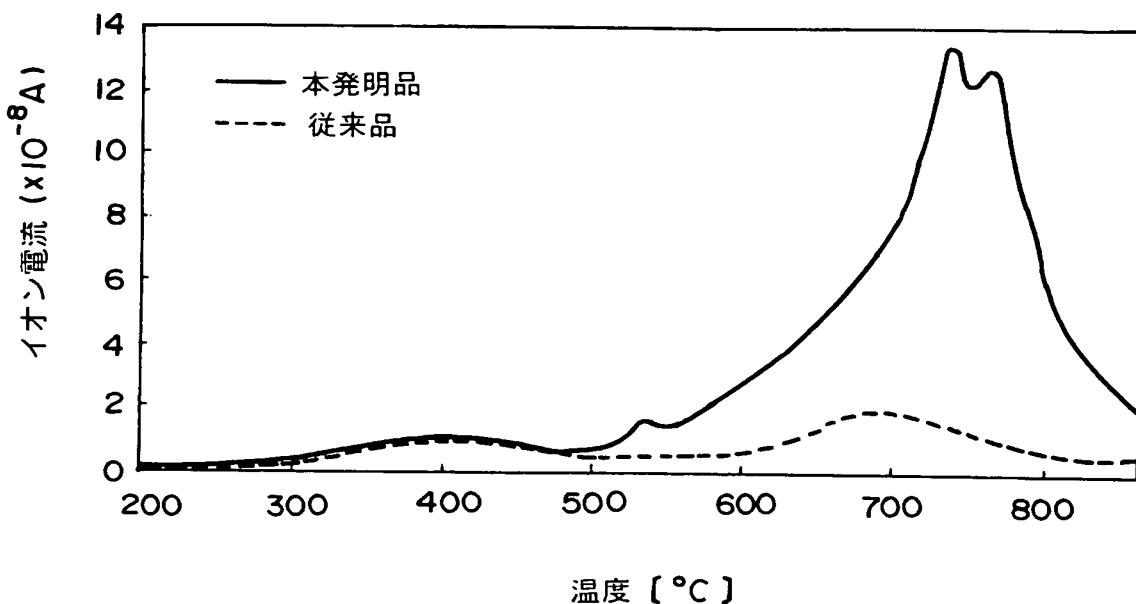
【図1】



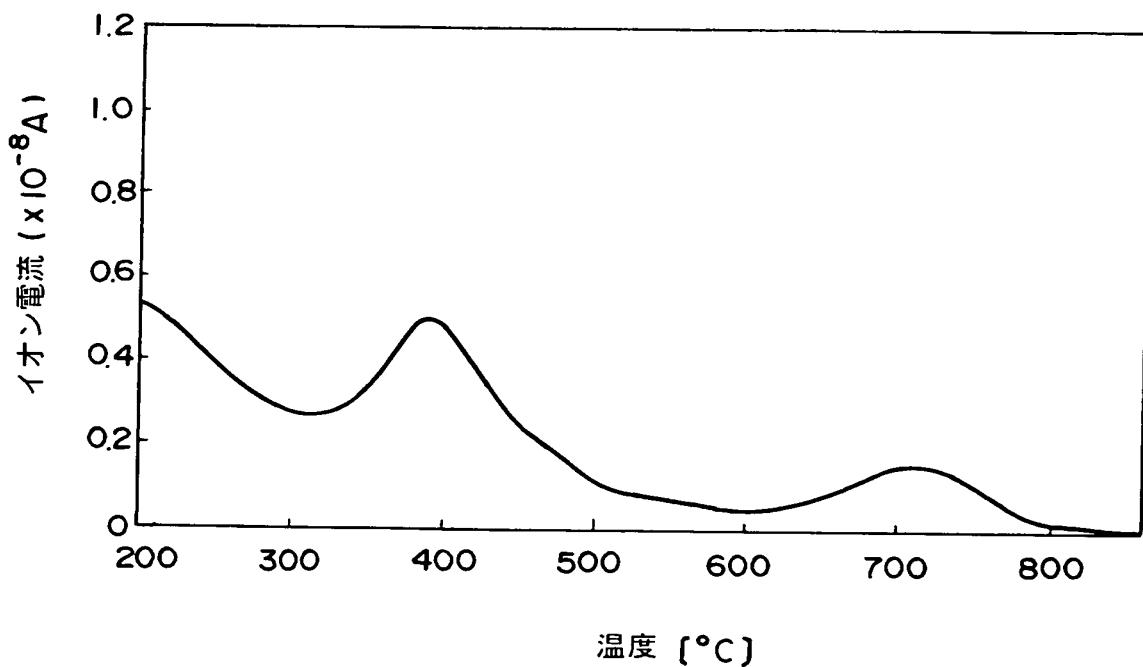
【図2】



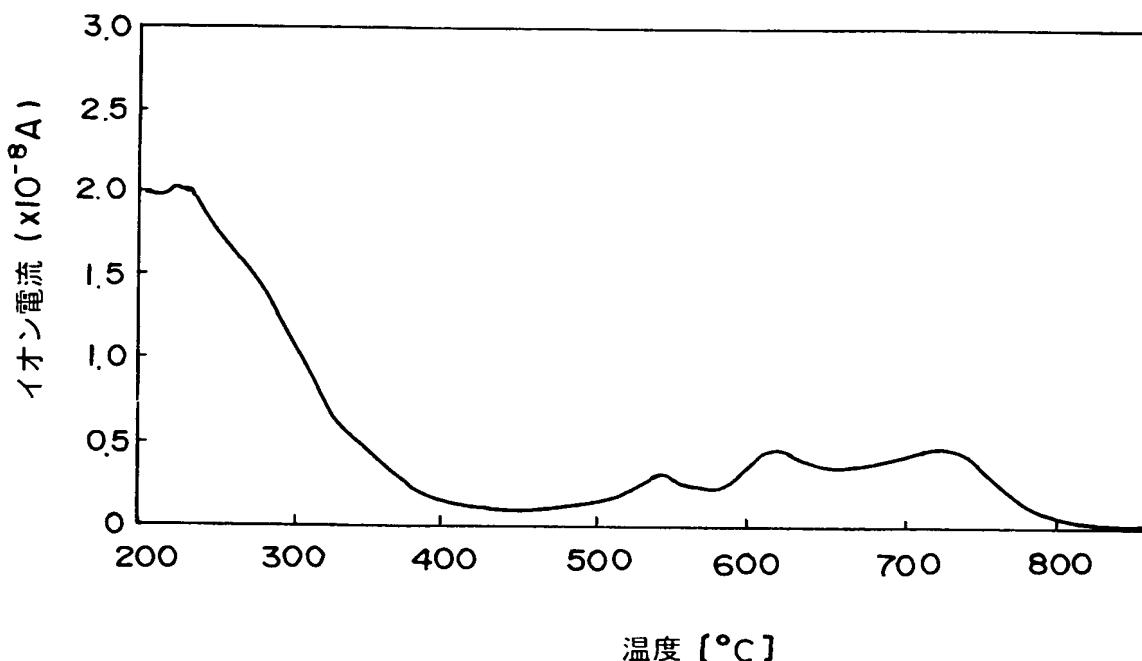
【図3】



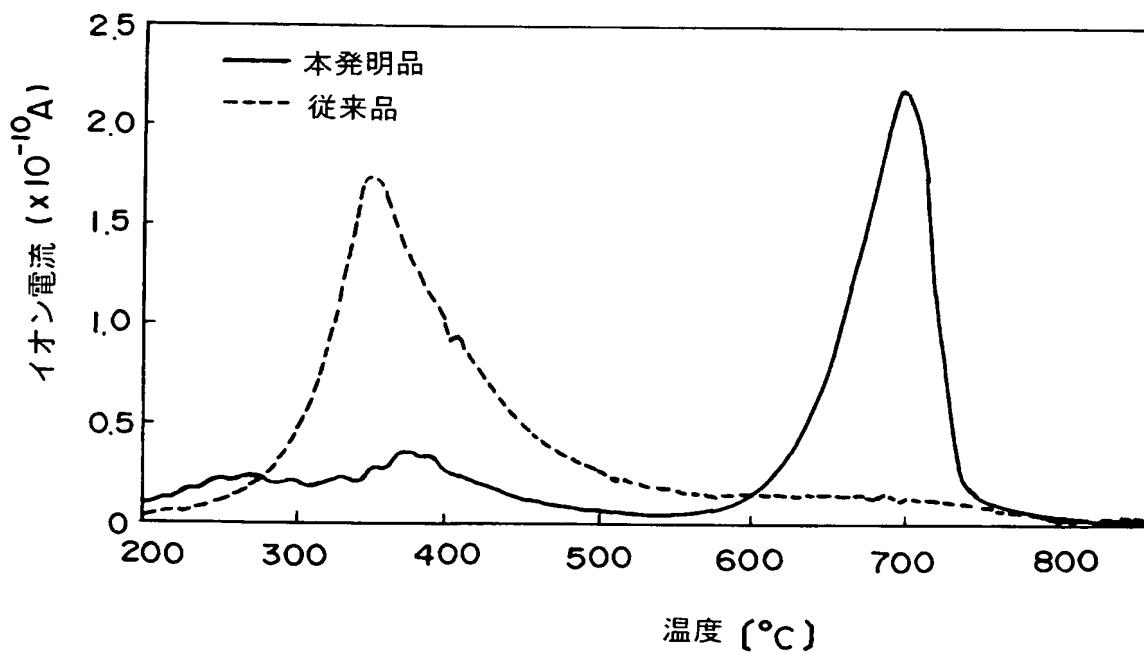
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可視光照射に対して従来品よりも高い光触媒活性を示すとともに、その光触媒活性が、安定性、持続性に優れている可視光活性型光触媒を提供する。

【解決手段】 二酸化チタンに、C、H、Sから選ばれた少なくとも1種類およびNがドープされている可視光活性型光触媒であって、該光触媒の粒子0.2gを10cm四方に均一層とした試料を容積1lのガスバッグ内に入れ、当初イソプロパノールガス濃度を1500ppm±150ppmとし、前記試料に、紫外線が遮光された蛍光灯光を、波長420nmにおける強度0.5mW/cm<sup>2</sup>で1時間照射後、生成したアセトンガス濃度が500ppm以上となるものを得る。

【選択図】 なし

特願 2003-050677

出願人履歴情報

識別番号 [000221122]

1. 変更年月日 1990年 8月 9日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号  
氏 名 東芝セラミックス株式会社
2. 変更年月日 1999年 9月 8日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都新宿区西新宿七丁目5番25号  
氏 名 東芝セラミックス株式会社